

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-100834

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

G05B 19/42
B25J 9/22

(21)Application number : 11-276427

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 29.09.1999

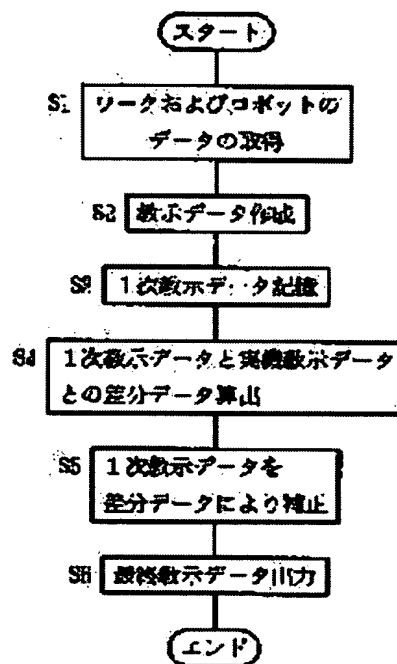
(72)Inventor : SEKI HIROSHI

(54) DEVICE AND METHOD FOR PREPARING ROBOT TEACHING DATA

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method capable of preparing teaching data high in precision through computer simulation.

SOLUTION: In this method for preparing robot teaching data, when robot teaching data prepared by simulation are inputted to a real machine, the robot teaching data during preparation is corrected by simulation, based on the correction result at correcting of these robot teaching data by using this real machine.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-100834

(P 2001-100834 A)

(43) 公開日 平成13年4月13日 (2001. 4. 13)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト* (参考)
G 0 5 B	19/42	G 0 5 B	J 3F059
B 2 5 J	9/22	B 2 5 J	P 5H269
			Z

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-276427

(22) 出願日 平成11年9月29日 (1999. 9. 29)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 関 洋

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74) 代理人 100072349

弁理士 八田 幹雄 (外3名)

F タ-ム (参考) 3F059 FA03 FA08

5H269 AB19 AB33 BB03 BB09 EE11

FF06 QA07 QB15 QC10 SA08

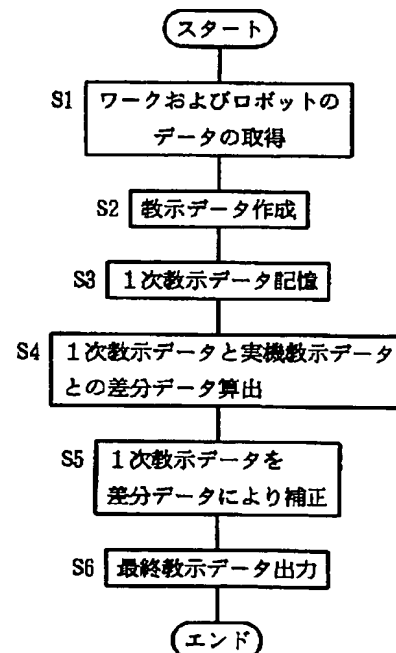
SA10

(54) 【発明の名称】 ロボット教示データの作成装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】 コンピュータシミュレーションにより精度の高い教示データを作成することができる教示データの作成方法を提供する

【解決手段】 既に作成されたシミュレーションによるロボット教示データを実機に投入した際に、該実機を用いて該ロボット教示データを修正したときの修正実績により、作成中のシミュレーションによるロボット教示データを補正することを特徴とするロボット教示データの作成方法。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ロボット教示データを、コンピュータシミュレーションにより作成するための装置であって、コンピュータシミュレーションによりロボットの動作を再現して、ロボット教示データを作成するシミュレーション手段と、

前記シミュレーション手段が作成したロボット教示データを記憶する記憶手段と、

前記記憶手段に記憶されているロボット教示データのうち、既に実機に投入された投入済みロボット教示データと、該投入済みロボット教示データを元にして実際のロボットの動作に用いている実ロボット教示データとを比較して、両者の差分データを算出する差分データ算出手段と、

前記差分データ算出手段が算出した差分データをもとに、前記シミュレーション手段が作成したロボット教示データを補正する補正手段と、を有することを特徴とするロボット教示データの作成装置。

【請求項 2】 前記補正手段は、前記シミュレーション手段が作成したロボット教示データの教示点ごとに、最も近い点の差分データにより補正することを特徴とする請求項 1 記載のロボット教示データの作成装置。

【請求項 3】 ロボット教示データを、コンピュータシミュレーションにより作成するための方法であって、コンピュータシミュレーションによりロボットの動作を再現して、ロボット教示データを作成する段階と、コンピュータシミュレーションによって作成され、実機へ投入済みのロボット教示データと、該投入済みロボット教示データを基にして実機を動作させるために用いている実ロボット教示データとを比較して、両者の差分データを算出する段階と、前記算出された差分データをもとに、前記シミュレーションにより作成したロボット教示データを補正する段階と、を有することを特徴とするロボット教示データの作成方法。

【請求項 4】 前記ロボット教示データを補正する段階は、前記シミュレーションにより作成したロボット教示データの教示点ごとに、最も近い点の差分データを用いて補正することを特徴とする請求項 3 記載のロボット教示データの作成方法。

【請求項 5】 ロボット教示データを、コンピュータシミュレーションにより作成するための方法であって、既に作成されたシミュレーションによるロボット教示データを実機に投入した際に、該実機を用いて該ロボット教示データを修正したときの修正実績により、作成中のシミュレーションによるロボット教示データを補正することを特徴とするロボット教示データの作成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、コンピュータシミ

ュレーションによるロボット教示データの作成装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、ロボットに所定の動作をさせるためのロボット教示データ（以下、単に、教示データと称する）は、コンピュータシミュレーションにより作成されるようになってきている。コンピュータシミュレーションによる教示データの作成は、ディスプレイにグラフィック表示されたロボットを実際の作業と同じように動作させて作成するものである。したがって、グラフィック表示されたロボットにはどのような動作をさせても安全であり、また、実機による教示と比較して格段に早く教示データを作成することができる。なお、コンピュータシミュレーションによる教示データの作成をオフラインティーチングと称する。

【0003】 図 6 は従来のオフラインティーチングの手順を示すフローチャートである。

【0004】 従来のオフラインティーチングは、まず、教示するロボットのデータ、作業を行うワークのデータ、および作業現場のレイアウトデータなどを取り込み（S101）、続けて、実機によるタッチアップデータを取り込む（S102）。タッチアップデータは、作業点と同じような位置にピンを立て、このピンに対して実機ロボットのエンドエフェクタ先端を接触させる動作を、ピンに対して何箇所かの方向から実施して、そのときのロボット各軸の位置データを取得するものである。

【0005】 続いて、取り込んだデータをもとに、シミュレーションによってロボットのキャリブレーションを行う（S103）。このキャリブレーションは、シミュレーションロボットをタッチアップデータを取得したときと同じ姿勢にして、実機での各軸の位置データと、シミュレーションロボット各軸の位置データとを比較して、シミュレーションロボットの位置データを補正するものである。

【0006】 このような実機によるタッチアップデータの作成とシミュレーションにおけるキャリブレーションは、実際のロボットがその自重やエンドエフェクタの重さなどによって撓みが生じ、それにより位置が微妙にずれたりしたときの状態を、シミュレーションによるロボットで再現するための処理である。

【0007】 キャリブレーション終了後、実際に作業を行わせるための教示データをシミュレーションにより作成する（S104）。これは、ディスプレイにグラフィック表示されているロボットを動かして、作業をシミュレーションし、そのときの動作経路や作業点、作業指示などを記憶して教示データとする。

【0008】 完成した教示データは、実機に投入されて、実機による動作確認が行われる。図 7 は、実機での動作確認の手順を示すフローチャートである。

【0009】 まず、先程の教示データを実機に投入（ロ

ーディング)する(S201)。続いて、ローディングされた教示データを再生して、ロボットを実際の動作させる(S202)。そして、動作結果の接触教示点と実際の接触点に誤差が有る場合は(S203、Yes)、実機によりこの誤差を修正し(S204)、修正後の教示データをローディングした教示データに上書きして、最終的に実機が作業を行うことのできる教示データとする(S205)。そして、すべての作業点について、誤差の修正が終わったか否かを判断し(S206)、終了していれば、実機による確認作業を終了する。これで、完全な教示データが出来上がる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、オフラインティーチングでは、実機による修正作業を行わずに済ませることが理想である。しかし、現実には、前記ステップS203において、「No」と判断されることは稀であり、ほとんどの場合、実機による教示データの修正が必要となっている。

【0011】ロボットのシミュレーションは、通常、ロボットが様々な姿勢を取ったときに発生する各部の撓みや位置ずれを、ロボット各部の重量などから計算して再現する。しかし、実機において生じる僅かな撓みやずれは、計算だけでは完全に再現できない。このため、オフラインティーチングは、上記のような実機でのタッチアップデータの作成やキャリブレーションが必要となっている。そして、このタッチアップデータの作成やキャリブレーションを数多く行うことで、オフラインティーチング後の誤差修正を少なくすることも可能である。

【0012】しかし、タッチアップデータの作成は実機での動作であるため、取得する点数が増えるとその分、実機による動作時間が長くなり、これではオフラインティーチングの効果がなくなる。また、エンドエフェクタが重い場合は、タッチアップデータを作成した姿勢では誤差が少なくなるものの、それ以外の姿勢では誤差が少なくならないと言った問題もある。

【0013】そこで、本発明の目的は、コンピュータシミュレーションによる教示データの作成において、実機によるタッチアップデータの作成やキャリブレーションを行うことなく、より精度の高い教示データを作成することができる教示データの作成装置およびその方法を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は下記する手段により達成される。

【0015】(1)ロボット教示データを、コンピュータシミュレーションにより作成するための装置であって、コンピュータシミュレーションによりロボットの動作を再現して、ロボット教示データを作成するシミュレーション手段と、前記シミュレーション手段が作成したロボット教示データを記憶する記憶手段と、前記記憶手

段に記憶されているロボット教示データのうち、既に実機に投入された投入済みロボット教示データと、該投入済みロボット教示データを元にして実際のロボットの動作に用いている実ロボット教示データとを比較して、両者の差分データを算出する差分データ算出手段と、前記差分データ算出手段が算出した差分データをもとに、前記シミュレーション手段が作成したロボット教示データを補正する補正手段と、を有することを特徴とするロボット教示データの作成装置。

10 【0016】(2)前記補正手段は、前記シミュレーション手段が作成したロボット教示データの教示点ごとに、最も近い点、すなわち、距離だけでなく角度差も見ても最も近い点の差分データにより補正することを特徴とする。

【0017】(3)ロボット教示データを、コンピュータシミュレーションにより作成するための方法であって、コンピュータシミュレーションによりロボットの動作を再現して、ロボット教示データを作成する段階と、コンピュータシミュレーションによって作成され、実機へ投入済みのロボット教示データと、該投入済みロボット教示データを基にして実機を動作させるために用いている実ロボット教示データとを比較して、両者の差分データを算出する段階と、前記算出された差分データをもとに、前記シミュレーションにより作成したロボット教示データを補正する段階と、を有することを特徴とするロボット教示データの作成方法。

【0018】(4)前記ロボット教示データを補正する段階は、前記シミュレーションにより作成したロボット教示データの教示点ごとに、最も近い点、すなわち、距離だけでなく角度差も見ても最も近い点の差分データを用いて補正することを特徴とする。

【0019】(5)ロボット教示データを、コンピュータシミュレーションにより作成するための方法であって、既に作成されたシミュレーションによるロボット教示データを実機に投入した際に、該実機を用いて該ロボット教示データを修正したときの修正実績により、作成中のシミュレーションによるロボット教示データを補正することを特徴とするロボット教示データの作成方法。

【0020】

40 【発明の効果】請求項1記載の本発明によれば、差分データ算出手段が既にシミュレーションにより作成されたロボット教示データと、その教示データを用いて実際に動作させているロボットの教示データとを比較して、両者の差分データを求めることで、実機において行われたロボット教示データの修正量が得られる。そして、この差分データにより、補正手段がシミュレーション手段によって作成されたロボット教示データを補正することとしたので、ロボットの自重やエンドエフェクタの重さなどによって実際のロボットに生じる微妙な位置ずれを補正することができる。したがって、より精度の高いロボ

ット教示データをシミュレーションのみによって作成することができる。

【0021】請求項2記載の本発明によれば、補正手段は、前記シミュレーション手段が作成したロボット教示データの教示点ごとに、最も近い点、すなわち、距離だけでなく角度差も見て最も近い点の差分データにより、作成された教示データを補正することとしたので、実機のロボット姿勢とシミュレーションにおけるロボット姿勢がほぼ同じ位置における教示点ごとに補正が行われるようになる。したがって、実際のロボットの動作位置に応じた精度の高い補正が可能となる。

【0022】請求項3記載の本発明によれば、既にシミュレーションにより作成されたロボット教示データと、その教示データを用いて実際に動作させているロボットの教示データとを比較して、両者の差分データを求めることで、実機において行われたロボット教示データの修正量が得られる。そして、この差分データによりシミュレーションによって作成されたロボット教示データを補正することとしたので、ロボットの自重やエンドエフェクタの重さなどによって実際のロボットに生じる微妙な位置ずれを補正することができる。したがって、より精度の高いロボット教示データをシミュレーションのみによって作成することができる。

【0023】請求項4記載の本発明によれば、シミュレーションにより作成したロボット教示データの教示点ごとに、最も近い点、すなわち、距離だけでなく角度差も見て最も近い点の差分データにより、作成された教示データを補正することとしたので、実機のロボット姿勢とシミュレーションにおけるロボット姿勢がほぼ同じ位置における教示点ごとに補正が行われるようになる。したがって、実際のロボットの動作位置に応じた精度の高い補正が可能となる。

【0024】また、請求項5記載の本発明によれば、既に作成されたシミュレーションによるロボット教示データを実機に投入した際に、該実機を用いて該ロボット教示データを修正したときの修正実績により、作成中のシミュレーションによるロボット教示データを補正することとしたので、実際のロボットがその自重や、エンドエフェクタの重さなどによって生じる微妙な位置ずれを補正することができ、より精度の高いロボット教示データをシミュレーションのみによって作成することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、添付した図面を参照して、本発明の一実施の形態を説明する。

【0026】図1は、本発明を適用したロボット教示データ作成装置を説明するための機能ブロック図である。

【0027】この装置は、所定のシミュレーションプログラムによって教示データを作成するシミュレーション部11、シミュレーションに必要なワークのCADデー

タ（例えば、ロボットのデータ、ワークのデータ、作業現場のレイアウトデータ等）を記憶したCADデータ記憶部12、1次教示データ（詳細後述）を記憶した1次教示データ記憶部13、および実機で使用されている教示データを記憶した実機教示データ記憶部14よりなる。

【0028】なお、図1では、本発明の理解のために、装置構成をその機能でブロック化して示したが、このような装置は、実際にはエンジニアリングワークステーション（EWS）などと称されているコンピュータによって実施される。したがって、シミュレーション部11は、EWSが教示データの作成に必要なシミュレーションプログラムを実行することによって実施される。また、各記憶部12、13および14は、例えばEWSに内蔵または接続されているハードディスクやその他の記憶媒体である。

【0029】図2は、本発明を適用した教示データの作成手順を示すフローチャートである。

【0030】まず、シミュレーション部11は、CADデータ記憶部12から、教示対象ロボットのデータと、このロボットが作業を行うワークのデータ、作業現場のレイアウトデータなどを取得する（S1）。

【0031】続いて、ワークに対して作業を行うための教示データの作成を行う（S2）。これは従来から行われているのと同様で、シミュレーション部11の動きにより、ディスプレイ（不図示）にグラフィック表示されているロボットを動かすことにより実行される。これにより、その時の経路や各軸の動き、作業開始点やにげ点、ワークとエンドエフェクタとが接触する接触教示点、および作業指示（例えばロボットハンドや溶接ガン等の開閉動作といったエンドエフェクタに対する指令）を記憶して、1次教示データが作成される。

【0032】作成された1次教示データは1次教示データ記憶部13に、作成中の1次教示データとして記憶される（S3）。

【0033】続いて、以前に作成した作成済み1次教示データ（投入済み教示データ）を1次教示データ記憶部13から読み出し、また、この1次教示データを元にして実際に稼働しているロボットの教示データを実機教示データ記憶部14から読み出して、両者の差分データを算出する（S4）。なお、このとき用いる作成済み1次教示データは、現在作成中の教示データの対象となるロボットと同じ種類のロボットに対する教示データで、かつ、エンドエフェクタも同じ種類のものが装着されているロボットの教示データを使用する。より好ましくは、全く同じロボットであり、かつ同じエンドエフェクタが装着されているものがよい。

【0034】ここで算出する差分データは、接触教示点（ワークとエンドエフェクタ先端との接触点）における目標座標値ごとに、1次教示データと実機教示データを

10

20

30

40

50

比較することによりその差分を求めるものである。

【0035】図3Aは作成済み1次教示データにおける接触教示点ごとの目標座標値と方向余弦を示す図表であり、図3Bは実機教示データにおける接触教示点ごとの目標座標値と方向余弦を示す図表である。両者を比較すると各接触教示点の目標座標値に差のあることが分かる。この差が、従来のオフラインティーチングにおいて、実機により修正されていた修正量に相当する。図3Cは、図3Aおよび3Bから算出された差分データである。

【0036】差分データの算出後は、作成中の1次教示データをこの差分データに基づいて補正する(S5)。このとき、差分データの適用は、接触教示点の目標座標値と、方向余弦(すなわち、エンドエフェクタがもつ座標系の例えばZ方向の方向余弦)が近いもの、すなわち、まず距離を比較し、次に角度を比較して、最も近いものを選択する。

【0037】差分データを算出した教示データと作成中の教示データは基本的には異なるものである。そこで、接触教示点同士が可能な限り近く、かつ、方向余弦も近ければ、ロボットの姿勢はほぼ同じである。そして、ロボットの姿勢がほぼ同じであれば、そのときロボットに加わっている撓みや位置ずれなども同じであると考えて良い。したがって、より近いもの同士であれば、その差分データを補正に用いることで、ロボットの撓みなどシミュレーション計算では得ることが難しい微妙なずれを補正することが可能となる。

【0038】なお、差分データの接触教示点と作成中の教示データにおける接触教示点同士の距離がどの程度近ければ適用できるかは、ロボットの自重やエンドエフェクタの重さなどによって異なるので、一概に決めることができない。したがって、実験や教示データを作成した実績値からその適用可能距離を判断することになる。

【0039】補正が終了すると、これを最終教示データとして出力し(S6)、処理を終了する。

【0040】図4に具体例を示す。図4Aは、作成中1次教示データにおける接触教示点ごとの目標座標値と方向余弦を示す図表であり、図4Bは、ステップS4で算出された差分データ(図3C参照)により補正された最終教示データにおける接触教示点ごとの目標座標値と方向余弦を示す図表である。図示するように、最終教示データでは、差分データの分だけ各接触教示点の目標座標値が補正されている。

【0041】完成した最終教示データは実機に投入される。そして、従来同様に、図7に示した手順に従って、実機による確認作業が行われる。このとき、本実施形態による最終教示データは、実機で修正されたものとはほぼ同じデータにより補正が加えられているため、その誤差は非常に少ない値となり、ほとんど修正作業を行わなくても済む。すなわち、図7におけるステップS203で

は、ほとんどの接触教示点で誤差なしと言うことになる。しかも、本実施形態では、教示データの作成前にタッチアップデータを取ったり、キャリブレーションを行うなどと言った作業を省略できるので、その分、より速く教示データの作成を行うことができる。

【0042】ところで、本実施形態では、上述したように、作成済みの教示データと実機を動作させている教示データから差分データを算出し、しかもそれらのデータは同一機種のロボットのものであることが要求されている。これは、機種が異なると、ロボットの自重が異なるため、当然、ロボット各部の撓みなども全く違ったものになる。同様に、エンドエフェクタが異なる場合も、そのエンドエフェクタの重さによって、発生する撓みやずれが異なるので、これも同じか、少なくとも同じ重さものである必要がある。

【0043】しかし、このような同一種類のロボットにより教示データが存在しない場合もある。すなわち、全く新規にロボットに対する教示データを作成する場合である。このような場合、前述のステップS4における差分データの算出ができない。

【0044】そこで、本実施形態では、作成済みの教示データが存在しない場合には、3点程度の教示データを作成して、これを実機により修正することで、差分データ算出のためのデータを作成することにした。

【0045】図5は、このための手順を示すフローチャートである。

【0046】まず、ワークおよびロボットのCADデータを取得する(S11)。

【0047】続いて、ワーク上の接触教示点を3点程度選んで、その点に対するロボットの動作をシミュレーションにより教示する(S12)。ここで、選択する3点は、例えば溶接を行うロボットの場合、姿勢の異なる3点、または、距離が互いに違い位置にある3点、または複数の溶接点(接触教示点となる)の最初と、中間と最後などである。これらにより、実際の溶接姿勢を代表することができる。

【0048】作成した教示データは、1次教示データ記憶部12へ記憶する(S13)。これが作成済みの1次教示データとなる。

【0049】続いて、作成した教示データを実機に投入して、各点における誤差の修正を行う(S14)。そして、修正した実機教示データは実機教示データ記憶部14に記憶する(S15)。

【0050】以上により、差分データを算出するための各データが揃うので、前述した図2に示した手順に従って、教示データを作成すれば、作成済みの1次教示データがなくても非常に誤差の少ない教示データを完成させることができる。

【0051】以上、本発明を適用した実施形態を説明したが、本発明はこのような実施形態に限定されるもので

はない。例えば1次教示データは、従来のオフラインティーチングによって作成して、その後、差分データにより補正を加えることで、実機による修正作業を格段に少なくすることが可能となる。また、差分データの算出に用いる作成済み教示データは、従来からあるデータを使用することで新規作成が少なくなり、本発明を効果的に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を適用したロボット教示データ作成装置の機能ブロック図である。

【図2】 本発明に係るロボット教示データの作成手順を示すフローチャートである。

【図3】 図3Aは作成済み1次教示データにおける接触教示点ごとの目標座標値と方向余弦を示す図表であり、図3Bは実機教示データにおける接触教示点ごとの目標座標値と方向余弦を示す図表であり、図3Cは差分データを示す図表である。

【図4】 図4Aは、補正前の1次教示データにおける接触教示点ごとの目標座標値と方向余弦を示す図表であり、図4Bは、補正された最終教示データにおける接触教示点ごとの目標座標値と方向余弦を示す図表である。

【図5】 作成済み教示データがない場合の差分データ算出用のデータを作成する手順を示すフローチャートである。

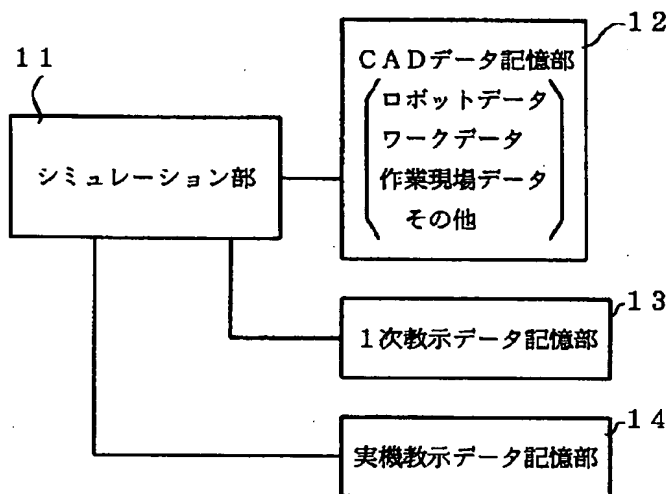
【図6】 従来のシミュレーションによるロボット教示データの作成手順を示すフローチャートである。

10 【図7】 ロボット教示データを実機で動作確認する手順を示すフローチャートである。

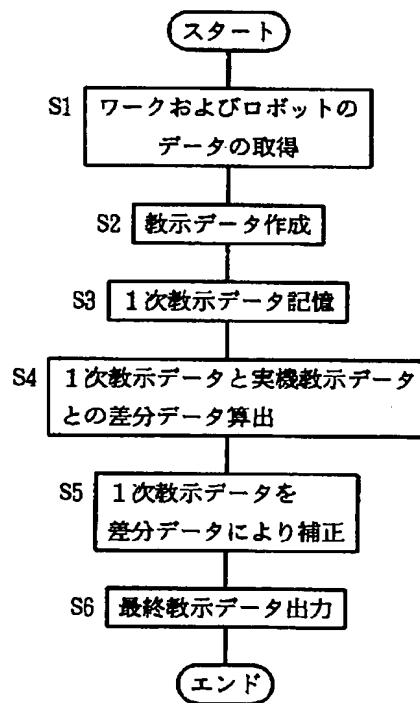
【符号の説明】

- 11 シミュレーション部
- 12 CADデータ記憶部
- 13 1次教示データ記憶部
- 14 実機教示データ記憶部

【図1】



【図2】



【図3】

A 作成済み1次教示データ

接触教示点 No	目標座標値 X	目標座標値 Y	目標座標値 Z	方向余弦 X	方向余弦 Y	方向余弦 Z
No 1	100.0	1500.0	500.0	1.00	0.00	0.00
No 2	150.0	1600.0	550.0	0.77	0.77	0.50
No 3	200.0	1700.0	600.0	0.00	1.00	0.00
...						
No n	300.0	2000.0	800.0	0.50	0.77	0.77

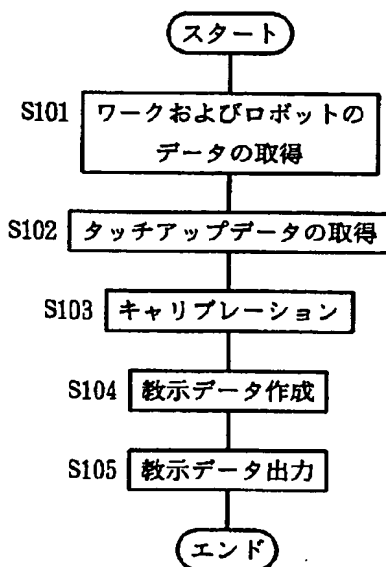
B 実機教示データ

接触教示点 No	目標座標値 X	目標座標値 Y	目標座標値 Z	方向余弦 X	方向余弦 Y	方向余弦 Z
No 1	102.5	1499.0	500.0	1.00	0.00	0.00
No 2	151.2	1598.2	550.5	0.77	0.77	0.50
No 3	202.7	1700.2	599.6	0.00	1.00	0.00
...						
No n	298.1	2002.4	797.1	0.50	0.77	0.77

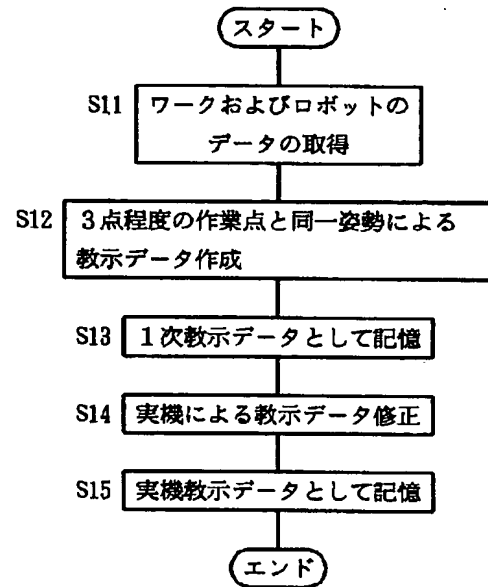
C 差分データ

接触教示点 No	差分データ X	差分データ Y	差分データ Z
No 1	+2.5	-1.0	0.0
No 2	+1.2	-1.8	+0.5
No 3	+2.7	+0.2	-0.4
...			
No n	-1.9	+2.4	-2.9

【図6】



【図5】



【図 4】

A 1次教示データ（補正前）

接触教示点	目標座標値	目標座標値	目標座標値	方向余弦	方向余弦	方向余弦
No	X	Y	Z	X	Y	Z
No 1	105.0	1480.0	503.0	0.99	0.14	0.00
No 2	153.0	1602.0	545.0	0.77	0.77	0.50
No 3	190.0	1730.0	575.0	0.00	0.99	0.14
...						
No n	325.0	2015.0	780.0	0.50	0.77	0.77

B 最終教示データ（補正後）

接触教示点	目標座標値	目標座標値	目標座標値	方向余弦	方向余弦	方向余弦
No	X	Y	Z	X	Y	Z
No 1	107.5	1479.0	503.0	0.99	0.14	0.00
No 2	154.2	1600.2	545.5	0.77	0.77	0.50
No 3	192.7	1730.2	574.6	0.00	0.99	0.14
...						
No n	324.1	2017.4	777.1	0.50	0.77	0.77

【図 7】

